



Könnte der Kollaps des Arecibo-Observatoriums der letzte seiner Art sein?

Wie digitale Zwillingstechnologie Fehlerdiagnosen, vorausschauende Instandhaltung und die Produktentwicklung verändern wird

Von Patrick Bohle, Vice President, Solutions Marketing, FARO® Technologies, Inc.

www.faro.com

Als hätte das letzte Jahr nicht bereits genug schlechte Nachrichten mit sich gebracht, erlitt zudem noch die globale wissenschaftliche Gemeinschaft gegen Jahresende einen schweren Schlag: Das berühmte Arecibo-Observatorium für [Radioastronomie](#) in Puerto Rico ist eingestürzt.

Das Observatorium befand sich in hastigem Abbau, nachdem im Sommer und Herbst zwei Kabel gerissen waren. Der erste Kabelbruch hatte ein 30 m langes Loch in den großen Hauptspiegel mit einem Durchmesser von 305 m gerissen, woraufhin das Gelände vorübergehend für Reparaturarbeiten geschlossen wurde. Ein zweiter Kabelbruch im November besiegelte das Schicksal des Arecibo-Observatoriums, nachdem Konstrukteure zu dem Schluss kamen, dass die Anlage nicht gerettet werden kann. Eine vollständige Evakuierung wurde angeordnet.

Einer [der Wissenschaftler](#) kommentierte den Abbau folgendermaßen: „Ein Schlag in die Magengrube für die Wissenschaft. Das Ende einer Ära.“

Der Kollaps des Arecibo-Observatoriums war nicht nur für die wissenschaftliche Gemeinschaft ein tragischer Verlust, sondern auch für die breite Öffentlichkeit; kein anderes Radioteleskop konnte dieses an Berühmtheit übertreffen. Es wurde sogar in Filmen wie dem „James Bond“-Blockbuster „*GoldenEye*“ und „*Contact*“ aus dem Jahr 1997 gezeigt. Für all jene, die mit dem ikonischen Gebäude vertraut waren, hatte das Arecibo-

Observatorium Persönlichkeit – eine riesengroße Schale, die den Himmel abtastet und geduldig Radiosignalen aus anderen Welten oder den Hintergrundgeräuschen des Universums lauscht und damit zur Suche nach faszinierenden Hinweisen auf dessen Ursprung beiträgt.

Gebaut in den frühen 1960er Jahren blieb das 57-jährige Wunderwerk der Technik das [weltweit größte Einzelteleskop](#), bis 2016 das FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope) in China in Betrieb ging.

2016 übertroffen. 2020 eingestürzt. Ein schmachliches Ende für ein berühmtes Teleskop.

„Sehen Sie doppelt?“

Aber was wäre, wenn eine solche Tragödie nie wieder passieren würde? Was wäre, wenn ein zukünftiger Defekt – einer Struktur, eines Gebäudes oder sogar eines Bauteils – nicht nur Wochen oder Monate, sondern Jahre im Voraus vorhergesehen werden könnte, sogar noch vor der Massenproduktion der einzelnen Teile? Dank der digitalen Zwillingstechnologie, dem Prozess, bei dem physische Objekte mittels 3D-Laserscanning in digitale Repliken umgewandelt und mithilfe von cloudbasierten Echtzeit-Datenanalysen überwacht und abgebildet werden, wird diese Vorstellung zur Realität.

Es wird sogar erwartet, dass der globale Markt für digitale Zwillinge bereits in den kommenden Jahren mit einer

durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von fast 38 % wachsen und bis 2024 einen Wert von 16,4 Milliarden Dollar erreichen wird. Etwa die Hälfte dieses Wachstums (41 %) wird allein für Nordamerika prognostiziert, wobei die Automobil- und die Luftfahrtindustrie in diesem Bereich dominieren.

Allgemein gesprochen legen die durch digitale Zwillinge ermöglichte Zustandsüberwachung und vorausschauende Instandhaltung die Messlatte für den Erfolg, den diese Technologie für die Welt verspricht. So wurden beispielsweise bei einer kürzlich [in Großbritannien durchgeführten Studie](#) an zwei Eisenbahnbrücken in Staffordshire (West Midlands) während der Bauphase faseroptische Sensoren angebracht, die in Echtzeit die „Entwicklung von Beanspruchung/Belastung“ und die „Verteilung von Beanspruchung/Belastung“ erfassen, um einen Proof-of-Concept zu liefern. Kombiniert mit einer „Finite Element“-Vorhersagemodellierung, die durch die Daten der Sensoren auf der Konstruktion ermöglicht wird, können die Informationen laut Bericht „zur Erstellung einer Leistungsübersicht dienen. Dies ermöglicht eine langfristige Zustandsüberwachung und ein datengestütztes Anlagenmanagement, da während der gesamten Betriebsdauer der Brücke weitere Sensordaten gesammelt werden.“

Mit anderen Worten: Dies könnte bedeuten, dass technisches Versagen wie im Arecibo-Observatorium (und ähnliche Fälle) bald schon der Vergangenheit angehören könnten.

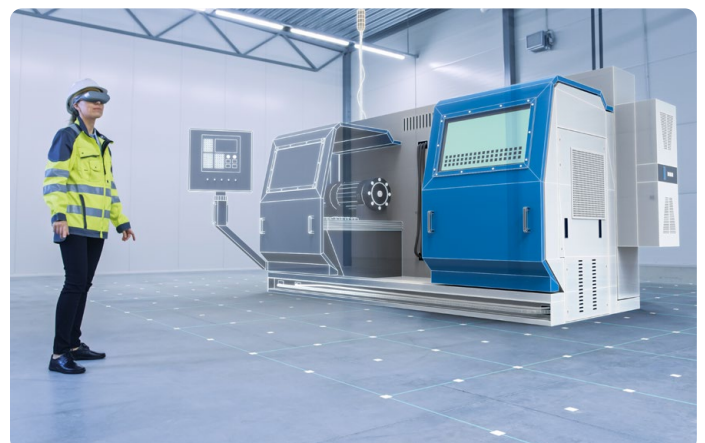
Wäre das Arecibo-Observatorium beispielsweise mit einem 3D-Laser gescannt und mit Überwachungssensoren zur Erfassung der Zugfestigkeit der Primär- und Sekundärkabel ausgestattet worden, hätte die langfristige Integrität des Gebäudes überwacht werden können. Ebenso könnten Modellsimulationen physikalische Belastungen berücksichtigen, die durch häufige Hurrikane in der Region, regelmäßige Erdbeben und die nahezu konstant hohe Luftfeuchtigkeit verursacht werden, sowie

die Auswirkungen dieser Belastungen auf die Strukturleistung über die Jahrzehnte. Meteorologische und seismische Daten, sowohl historischer Natur als auch in Echtzeit erfasst, würden zur Genauigkeit der digitalen Simulation beitragen. Während Ingenieure bereits regelmäßige Inspektionen an den von ihnen gebauten Strukturen durchführen, ermöglicht ein digitaler Zwilling beispiellose, nahezu unmittelbare Einblicke und wesentlich schnellere Reaktionszeiten.

Dies gilt nicht nur für die Fehlervorhersage und die Zustandsüberwachung bei schon lange fertiggestellten Bauten wie dem Arecibo-Observatorium, sondern für jedes Bauwerk (etwa eine Fabrik) oder Bauteil (wie eine Flugzeugturbine), bei dem während des Baus oder der Nachrüstung für eine neue oder angepasste Nutzung eine Überwachung und Modellierung vorteilhaft ist. Die Sekundärkabel des Arecibo-Observatoriums wurden in den 1990er Jahren ohne den Vorteil einer vorausschauenden Instandhaltung hinzugefügt. Aber was passiert wohl, wenn die nächste Generation der bodengebundenen Teleskope, sagen wir in 20 Jahren, Chinas FAST in den Schatten stellt und von Grund auf unter Verwendung digitaler Zwillingstechnologie gebaut wird?

Zweifache Vorteile dank digitalen Zwillingen

Die kurze Antwort lautet: Ein besseres, robusteres und sichereres Produkt wird auf den Markt gebracht, möglicherweise in Rekordzeit. Die Entwicklung ist auch mit einer größeren Flexibilität für eine schnellere,



ortsunabhängige und gemeinsame Nutzung der Daten verbunden. Somit haben Hersteller die Möglichkeit, überall auf der Welt auf Pläne zuzugreifen, jedoch mit einem entscheidenden Vorteil: Zwischen physischen und digitalen Objekten ist vollständige Synchronität gegeben.

Das Beste daran ist, dass fast jede Branche davon profitiert, ebenso wie die Verbraucher. Für die Automobilindustrie bringt die Erfassung der Daten digitaler Zwillinge von Fahrzeugen, die sich in Echtzeit auf der Straße befinden, das Potenzial mit sich, eines Tages Leistungsdaten von unschätzbarem Wert zu liefern. Diese Daten könnten zu einer Verbesserung der Fahrzeugkonstruktion und der Standards in Bezug auf Sicherheit und Treibstoffeffizienz beitragen. Ebenso könnten sie dank verbesserter Batterieleistung, gepaart mit optimierter regenerativer Bremstechnologie, als Katalysator für eine schnellere Einführung von Elektrofahrzeugen dienen. Für die Hersteller kann der Lebenszyklus der Produkte auch vollständig im digitalen Bereich beginnen, wobei ein 3D-Modell den realen Einsatz simuliert.

Auch für Autofabriken selbst kann ein digitaler Zwilling erstellt werden, mithilfe dessen sämtliche Bereiche überwacht werden können; von der Nachhaltigkeit und Leistung des Gebäudes über den Betrieb und die Instandhaltung bis hin zur Gesundheit und dem Wohlbefinden der Nutzer/Mitarbeiter. In naher Zukunft werden Fabriken jeglicher Art von einigen Vorteilen profitieren: kürzere Lebenszyklen in der Planung und beim Bau, schnellere Durchlaufzeiten für Autos/Modelle, höhere Zuverlässigkeit und Effizienz, verbesserte Automatisierung und, vielleicht der spannendste Aspekt, die Möglichkeit, einen „Build Where You Are“-Ansatz zu verfolgen – also die Konstruktionsvorgaben einer physischen Anlage zu kopieren und diese an einem beliebigen anderen Ort auf der Welt nachzubauen, der näher am Nachfragemarkt liegt. Entscheidungen dieser Art werden tiefgreifende Auswirkungen auf die Skaleneffekte haben.

Ebendieses Potenzial für vorausschauende Instandhaltung und Fabrikbau lässt sich auch auf Flugzeuge umlegen. Durch die Ausstattung mit Fernsensoren sowie das Teilen über die Cloud können metrische Daten wie die Turbinenleistung, die Hydrauliksteuerung und das Umweltmanagementsystem des Flugzeugs (besonders relevant in der Zeit nach COVID-19) sofort abgerufen und verbessert werden, bevor Probleme auftreten. Auch in diesem Bereich kann ein digitaler Zwilling virtuell mit maximaler Leistung beginnen – sogar noch bevor die ersten physischen Flugzeugteile zusammengebaut werden.

Informationen und Missverständnisse über digitale Zwillinge und Ihre Einsatzmöglichkeiten



Der Schlüssel zum Einsatz der digitalen Zwillingstechnologie ist jedoch das Verständnis, dass ein digitaler Zwilling nicht dasselbe ist wie ein digitales Modell.

Digitale Modelle sind statische Darstellungen physischer Objekte. Es handelt sich hierbei um eine Technologie, die seit den 1980er Jahren zunehmend eingesetzt wird. Ein digitaler Zwilling geht noch einige Schritte weiter als ein 3D-Modell und ist mit einem „lebendigen Dokument“ vergleichbar, das mit dem physischen Objekt synchronisiert ist. Wenn an diesem Objekt etwas verändert wird, wird das digitale Modell dementsprechend aktualisiert. Erreicht wird dies durch cloudbasierte Software

und die wachsende Vielfalt der Technologie des Internets der Dinge (IoT) als Ergänzung des physischen Objekts. Bei einer raschen Einführung einer solchen Technologie ist es wichtig, diese Unterscheidung nicht zu übersehen.

Angewandt auf weltweite Projekte in den Bereichen Architektur, Bau und Konstruktion bestehen folgende Erwartungen an die digitale Zwillingstechnologie:

- Erzielung von Effizienzgewinnen über den gesamten Lebenszyklus des Produkts oder Objekts hinweg
- Gewinnung von Echtzeit-Einblicken in Kundennutzungsmuster, die wieder in die digitalen 3D-Simulationen eingespeist werden und zu weiteren Verbesserungen führen
- Vorhersagen von Ausfällen und Instandhaltungsarbeiten anhand von in das Modell eingespeisten realen Daten
- Erstellung eines „digitalen Fadens“, durch den unterschiedliche Systeme und Prozesse ortsunabhängig verknüpft werden können
- Behebung von Problemen, ohne beim physischen Objekt vor Ort sein zu müssen
- Besseres Verständnis der Zusammenhänge zwischen den Systemen innerhalb von Systemen, die ein fertiges Produkt ausmachen (etwa Gebäude, Flugzeuge, Fahrzeuge usw.)
- Überwachung und Einschätzung historischer Bauten und Denkmäler für die laufende Instandhaltung oder sorgfältige Reparatur

Mit der zunehmenden Verbreitung des Internets der Dinge – das bis zum Jahr 2026 über einen geschätzten globalen Marktanteil von [1,3 Milliarden US-Dollar](#) verfügen und rund 75 Milliarden mit dem Internet verbundene Geräten umfassen wird – wird die Reichweite digitaler Zwillinge nur noch größer. Und während Anschaffungskosten und Datenmigration ein notwendiger Umrechnungsfaktor sind, ist der Return on Investment digitaler Zwillinge hoch und rechtfertigt somit ihren Einsatz.

Materialisierte „Spiegelwelten“

Als das Arecibo-Observatorium im Jahr 1963 seinen Betrieb aufnahm, war die Welt noch eine andere. Einer der ersten Supercomputer, der [Atlas](#), ging in Großbritannien mit einer Speicherkapazität von 48.000 Wörtern, also rund 96 Kilobyte, in Betrieb. Die ersten wissenschaftlichen Beiträge und umso mehr die eigentliche Hardware für eine Vernetzung der Rechner, die Grundlage für das digitale Zeitalter, lagen noch vier Jahre in der Ferne. Die digitale Zwillingstechnologie ist heute ein Produkt dieser Pionierarbeit.

Unternehmen und Hersteller, die versuchen, die Folgen der globalen Pandemie zu überwinden, müssen der Konkurrenz einen Schritt voraus sein. Dieser Vorsprung beginnt mit der Einführung innovativer Lösungen, die Entscheidungszeiten verkürzen, bessere Daten schneller weitergeben und diese Informationen mit allen Projektbeteiligten überall auf der Welt teilen sollen, und zwar ganz und gar ortsunabhängig.

Die digitale Zwillingstechnologie ist der dynamische Echtzeit-Modellierungsansatz, der genau diese Zielsetzung unterstützt.

Der Sechs-Punkte-Plan zur Entwicklung Ihrer Strategie für digitale Zwillinge

- 1 Objektbewertung:** Führen Sie eine Bestandsaufnahme Ihrer aktuellen Anlage und Ihres Inventars durch. Wie hoch sind die aktuellen Kosten für Instandhaltung und Überwachung? Wie häufig kommt es zu Ausfällen? Wie lange dauern diese Ausfälle? Wie hoch sind die Arbeits- bzw. Überstundenkosten für die Bewältigung von Notsituationen? Wie lange dauert es derzeit, bis eine Entscheidung getroffen wird?
- 2 Auslagerung oder interne Durchführung:** Die Einführung einer Strategie für digitale Zwillinge kann vollständig an Dritte ausgelagert werden, oder das Upgrade erfolgt intern. Ermitteln Sie, welcher Ansatz am besten zu Ihren Anforderungen passt und ob Sie die Kapazitäten haben, Ihr internes Team flexibel einzusetzen.
- 3 Input der Beteiligten einholen:** Finden Sie heraus, in welchen Bereichen und wie die Übereinstimmung zwischen allen an der Anlagenüberwachung Beteiligten maximiert werden kann. Wie lässt sich die digitale Zwillingsmodellierung in Ihre bestehenden Arbeitsabläufe integrieren? Was ist der erwartete ROI einer solchen Initiative?
- 4 Informationen über Ihre Konkurrenz einholen:** Finden Sie heraus, wo/ wie Gebäude- und Betriebsleiter an vergleichbaren/ähnlichen Standorten agieren. Wenden alle Unternehmen in der Region, in der Sie tätig sind, digitale Zwilling-Strategien an? Konsultieren Sie Fachpublikationen und achten Sie auf Autorennamen in Gastbeiträgen oder andere Zitate zum Thema. Beobachten Sie die sozialen Medien.
- 5 Websites der Anbieter durchsehen:** Besuchen Sie die Websites der Anbieter, um das Produktportfolio einzusehen und herauszufinden, welche Produkte Ihren Anforderungen am besten entsprechen. Grenzen Sie Ihre Suche auf 2–3 Optionen ein, nehmen Sie Kontakt mit den Anbietern auf und fordern Sie eine Demoversion an. Stellen Sie sicher, dass diese ein Muster enthält, anhand dessen Arbeitsabläufe von Anfang bis Ende aufgezeigt werden. Zu guter Letzt bitten Sie den Anbieter um einen Vor-Ort-Scan Ihrer Anlage/Ihres physischen Objekts.
- 6 Die Zustimmung Ihres Teams einholen:** Beziehen Sie IT-Manager, Betriebsleiter und Mitglieder des leitenden Führungsteams mit ein. Sobald die Budgets genehmigt sind, finalisieren Sie sämtliche Entscheidungen gemeinsam mit dem Finanzvorstand oder Mitarbeitern mit Kaufkraft.